
原 著

頸部回旋の違いが立ち上がり動作へ及ぼす影響

～運動学的分析の観点から～

小川洋介^{*1)}, 松林義人²⁾, 浅海岩生³⁾

- 1) 医療法人巨樹の会小金井リハビリテーション病院
- 2) 学校法人北都健勝学園新潟リハビリテーション大学医療学部リハビリテーション学科理学療法専攻
- 3) 学校法人北都健勝学園新潟リハビリテーション大学大学院リハビリテーション研究科高次脳機能障害コース

[受付・掲載決定:2013 年 12 月 10 日]

キーワード：頸部回旋，立ち上がり動作，身体重心

要旨 椅子からの立ち上がり動作 (sit-to-stand, 以下 STS) は, 日常生活場面では非対称的な STS となりやすいと考えられる.そこで本研究は, 頸部左右回旋位の STS と頸部正中位の STS の相違について運動学的な観点から検討することを目的とした.対象は, 成人男性 20 名とした.分析課題の開始肢位は, 股・膝関節屈曲角度 90° 位, 足関節底背屈中間位となる端座位姿勢とした.自由速度で動作を行い, 終了肢位は安楽な立位姿勢とした.課題は, 頸部正中位, 頸部左右回旋 (15°, 30°, 45°) した STS とした.この動作は, 三次元動作解析装置にて計測し, 動作時間, 骨盤・胸郭角度変化を算出した.また, 身体重心を求め, 移動距離, 前後径, 左右径を算出した.その結果, 胸郭左右側屈・回旋角度変化, 身体重心移動距離・左右径に有意な差を認められた.頸部正中位と比較すると頸部左右回旋位は頸部の角度変化に関係せずに, 左下肢に荷重を乗せるような動作となっていることが示唆された.今回得られた結果から, STS 動作時に左右不均等な体重配分をする患者に対しては, バランスの安定性の低下や転倒の発生が起こるのではないかと推測された.

* Corresponding author:

小金井リハビリテーション病院

〒184-0013 東京都小金井市前原町 1 丁目 3 番 2 号

Tel : 042-316-3561

Fax : 042-316-3562

E-mail : xw15xym92blvv3n49bb@gmail.co.jp

はじめに

椅子からの立ち上がり動作 (sit-to-stand : 以下 STS) は、土屋ら (2007) によると二足動物としての人間の移動に先立ち、体得しなければならない動作であるとされている。また、これは歩行などの目的動作の一部として、生活・活動範囲の拡大に関与し、日常生活活動を送る上で極めて重要な動作である。したがって、どのような環境下に置かれても STS は、安全にかつ迅速に行われなければならない。

STS の運動は、多くの研究者により 2~4 相の異なる相に分けられている。Nizuk ら (1986) は、第 1 相：屈曲相、第 2 相：伸展相の 2 相に分類し、この相は臀部離床により分けられており、頭部の動きの反転と素早い膝関節の伸展が起こっていると述べている。阿南ら (2010) は、3 相に分け、第 1 相：身体重心 (center of mass ; 以下 COM) 前方移動期、第 2 相：COM 移行相 (COM の前方および上方移動相)、第 3 相：COM 上方移動期としている (図 1-a, b, c, d)。また、Schenkman ら (1990) は、第 1 相：flexion momentum、第 2 相：momentum transfar、第 3 相：extension、第 4 相：Stabilization の 4 相に区分している。第 1 相は体幹・骨盤の前方回転から臀部離床、第 2 相は臀部離床から足関節最大背屈、第 3 相は足関節最大背屈から股関節伸展の速度が $0^{\circ}/\text{sec}$ になるまでの期間、第 4 相は安定した立位姿勢になるまでとしている。

このように様々な相分けが報告されているが、それぞれの相は固有の運動条件と安定条件を持つとされている。Schenkman ら (1990) によると、椅子に座った状態より臀部を持ち上げる過程では、臀部と両足からなる支持基底面 (base of support ; 以下 BOS) から両足に限定される BOS へ COM が移動する。この時 COM が臀部の BOS から外れなければならないため、この動作中、身体は不安定な状態となっている。この時作用す

る安定機構は、股関節伸筋と膝関節伸筋の協調的活動である。次に、その狭小化した BOS 内にある COM が上方へ移動する。この時、推進力と制動力が協調しないと、鉛直方向の姿勢を達成しようとする際に容易に前方へ転倒してしまう。つまり、STS の最も特徴的なことは常に安定性を保障する制御が確保されていなければならないことである。Cook ら (2004) は、運動遂行中の安定性保持の能力を高めるためには、可能な限り左右対称的に下肢に力を出すことを促通することが必要であると報告している。また、米田ら (1988) によると、足圧中心 (Center of Pressure : 以下 COP) は前後方向の動きが大きく、左右方向の動きはかなり小さいという結果であり、原因として不必要な左右方向の動揺が生じないように十分な制御が行われていると報告されている。そのため、病院内での STS に対する運動療法は左右対称・正面を向いた動作の練習を行うことが原則となっている。また、これまでの研究においても、体幹前傾角度 (Schenkman ら (1990)、福士 (2006))、椅子の高さ (大西ら (2005)、臼田ら (1994)) など一般的に左右対称や正面を向いた STS の研究報告が多く見られる。これは、STS には左右対称・正面を向いた動作という一般的な認識があるために、主な運動面である矢状面上での研究が多いからである。

しかしながら、実際の STS は左右対称ではないという報告が少数ながら報告されており、Rodosky ら (1989) によると健常人において左右股・膝・足関節にける角度、モーメントの調査を行い、有意に左右差があるとしている。また、Bear ら (1995) は、健常高齢者において体幹の前屈、上昇の必要な動き以外に、体幹の微小回旋、側屈、側方移動が STS 中に見られることを述べている。さらに、Tashiro ら (1991) は、STS 中の COP の左右変化を調査し、COP の左右移動がなく

微細な揺れの者が 16%しかなかったと報告している。これらのことから日常生活で行われている STS という動作は、非左右対称であるという可能性が考えられる。加えて、通常日常生活の中での STS 動作は、「隣人と会話しながら」や「横を向きながら」など他の動作と同時に実施する複合動作となり、非対称的な動作となりやすい。さらに、Hauer ら 13) は高齢者に対し複合動作を用いてパフォーマンスの差異を比較した結果、運動能力は著しく低下すると言及している。つまり、パフォーマンス、運動能力の低下を引き起こす複合課題動作は、転倒発生の重要な因子になりうると予測できる。前述したように、病院内での STS 動作に対する運動療法は左右対称・正面を向いた姿勢の練習を行うのが原則である。このような STS の練習は、病院内での STS が獲得できたとしても、病院外つまりより普通の日常生活に即した STS とは異なるため、動作遂行が困難になるのではないかと推測できる。

そのため STS に対する運動療法は、社会参加を目標にしたより日常的かつ円滑な STS の指導・練習も加えて実施する必要があるのではないかと考えられる。

そこで、本研究は、左右対称・正面を向いている頸部正中位の STS と比較しながら、日常生活を想定した頸部回旋位の STS が身体各部、特に最も影響が出ると考えた胸郭・骨盤の角度について運動学的な観点から分析し、どのような安定機構が働いているのかを検討することとした。加えて、COM を分析することにより、頸部回旋位での STS がどのような戦略で動作を行っているのかを解析することとした。そして、臨床場面における立ち上がり練習において、より日常場面に即した円滑な動作の必要性があるのかどうか、また STS の動作を分析・考察する上での基本的な情報、あるいは指導するにあたり理学療法アプローチの一助となることを目的として行った。

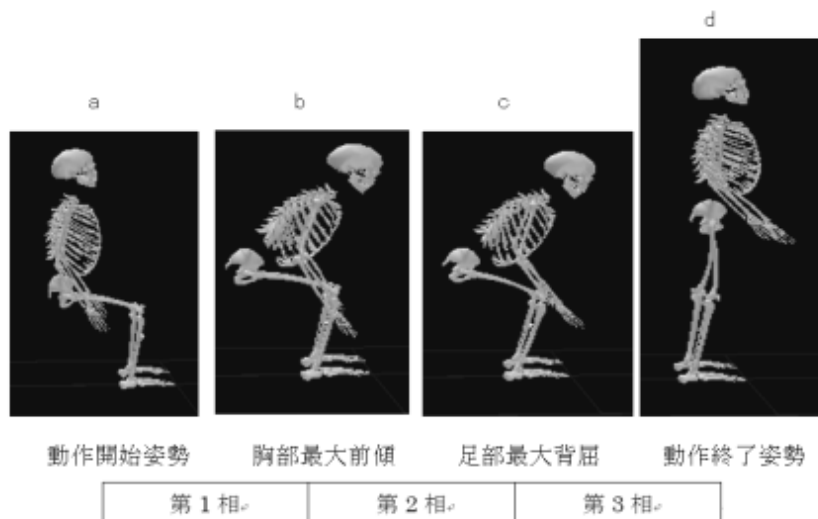


図 1-a,b,c,d 阿南らの STS 動作の相分け。

対象・方法

被験者は、転倒を引き起こすような危険性がある起立姿勢保持の障害、中枢神経系疾患、運

動器系疾患、起立性低血圧・洞不全症候群など重度な不整脈の既往がなく、STS をする際に過

去 1 年間転倒したことがない健康成人 20 名 (表 1) とした。被験者全員に対して、本研究の主旨等を十分に説明して、書面による同意を得た後に計測を行った。なお、本研究は新潟リハビリテーション大学大学院倫理委員会の承認を受け、対象者全員から書面による同意を得て実施した。

表1 被験者の基本属性

被験者	
性別	男性：20名
年齢	19.6 ± 2.9 歳
身長	180.5 ± 3.4 cm
体重	69.1 ± 5.9
機能脚 ※1	右：18名，左：2名
支持脚 ※2	右：12名，左：8名

※1 機能脚の定義：ボールを蹴る足

※2 支持脚の定義：ジャンプする足

1. 測定手順

(1) 装置の設定と測定肢位 (図 2)

計測には、三次元動作解析装置 (Vicon Peak 社製, VICON Nexus Ver.1.71) を用いて、カメラのデータをサンプリング周波数に 100frame/s に設定し計測した。測定点となるマーカーは、左右前方頭部, 左右後方頭部, 第 7 頸椎棘突起, 第 10 胸椎棘突起, 胸骨柄, 剣状突起, 体幹後面右側 (ダミーマーカー), 左右肩関節 (肩峰), 左右肘関節 (外側上顆), 左右手関節 (橈骨茎状突起), 左右手関節 (尺骨茎状突起), 左右第 2 中手骨骨頭, 左右上前腸骨棘, 左右上後腸骨棘, 左右大腿部, 左右膝関節外側, 左右脛骨, 左右外果, 左右第 2 中手骨骨頭, 左右踵部の計 35 か所の身体部位に貼付した。

分析課題の実験開始肢位は股関節・膝関節屈曲角度が 90° 位, 足関節が底背屈中間位となるように座面の高さを調節した端座位姿勢とする。左右踵間距離は左右肩峰間と等しくなるように、

加えて床反力計の y 軸 (左右軸) 原点より等間隔になるように足部を配置した。さらに、両上肢はマーカーを隠さないために、上肢の力が反映しないようするために、体幹に沿って下垂し身体の他の部位に接しないようにした。終了肢位は安楽な立位姿勢とした。



図 2 実験開始肢位



図3 頸椎装具

- ①頭部の3点固定 ②顎受け
- ③頸椎回旋角度の固定ボルトト
- ④胸郭固定ベル
- ※重さは、約2.5kg

(2) 測定条件

STS の計測時は、①自身が最も立ち上がりやすい至適速度で動作を行うように、②被験者の視線は顔が向いている方向に興味がある物があるかのように想像してもらい動作を実施するように指示した。課題としては、頸部を正中位にした状態の STS (以下 正中位 STS)、頸部を 15° 、 30° 、 45° に右回旋した状態の STS (以下 右回旋位 15° 、 30° 、 45° STS)、頸部を 15° 、 30° 、 45° に左回旋した状態の STS (以下 左回旋位 15° 、 30° 、 45° STS) を設定し、各頸部角度に対して 5 回施行した。頸部回旋の固定には、今回の研究のために作成した頸椎装具を使用した (図 3)。課題を施行するにあたり、運動学習の効果を最小限にするためにも、練習は十分に実施した。さらに、課題を実施する順番は、順序効果を避けるために、ランダム化し影響を最小限にした。

2. 分析方法

(1) 分析値

身体各部に貼付した身体標点の三次元座標を動作解析装置により計測し COM、胸郭前後屈・左右側屈・左右回旋角度変化、骨盤前後傾・左右側方傾斜・左右回旋角度変化を算出した。

まず、得られた COM の高さ変化より、STS の動作開始から終了までの全体の動作時間を求めて分析した。動作開始と終了時点の判定は、動作開始前または終了後の数値変化が安定した 30 コマ分を抜き出し、その平均値の $+2SD$ (標準偏差) を超えた時点进行分析開始点とした。次に、STS の動作時間に対応した胸郭前後屈・左右側屈・左右回旋角度変化、骨盤前後傾・左右側方傾斜・左右回旋角度変化を算出した。動作時間・角度データを、それぞれ動作開始から終了までを 100%として正規化し、3 回のデータの平均値を求め被験者の STS 動作の分析値とした。

また、全体の動作時間は、様々な相分けが存在

するが、分析値は COM の高さ変化をもとに算出されているため、阿南ら(2010)による相分けが参考になると考えた。阿南ら(2010)は、第 1 相：動作開始から胸郭最大前傾までの COM 前方移動期、第 2 相：胸郭最大前傾から足関節最大背屈までの COM 移行期 (COM の前方および上方移動期)、第 3 相：足関節最大背屈から動作終了までの COM 上方移動期とした。そのため、今回のデータを 3 相に分けるために、胸郭最大前傾角度、左右足関節最大背屈角度に対する出現時間の割合を出し分析値とした。

今回は正中位 STS と左右回旋位 STS を比較するにあたり COM の動きも重要と考え、COM の移動距離、COM 前後移動の最大値と最小値の差 (以下、COM 前後径)、COM 左右移動の最大値と最小値の差 (以下、COM 左右径) を計算し分析値とした。その 3 つ分析値を「COM パラメーター」とした。また、移動距離は単位時間あたりの時間を用いた。

(2) 統計

分析方法は、IBM SPSS Statistics 20 を使用し、各頸部回旋角度時の各分析値を反復測定による一元配置分散分析で行った。Mauchly の球面性の検定をみて、この有意確率が 5%未満でないとき、球面性の仮定が成り立ち、データに有意確立があるかどうかを確認した。この仮説がなりたたない (有意確率が 5%未満) とき、被験者内効果の検定の有意確率が小さくなるので、Huynh-Feldt のイプシロンを利用して自由度を修正した有意確立を採用することとした。有意な差が認められた場合は、その後にボンファローニの多重比較を行った。また、COM パラメーターである COM 移動距離、COM 前後径、COM 左右径に関しては、それぞれ相関分析を行った。反復測定による一元配置分散分析、ボンファローニの多重比較、相関分析の有意水準は、すべて 5%未満とした。

結果

1. STS の動作時間 (表 2-a, b)

健康成人における各頸部肢位の STS の動作時間は、一元配置分散分析を行った結果、頸部角度の変化に伴う有意差が見られなかった。また、動作開始から終了までを 100%と正規化したとき、第 1 相終了時：胸郭最大前傾、第 2 相終了時：右足関節最大背屈、左足関節最大背屈の出現割合、関節角度においても頸部角度による有意差は見られなかった。

2. 胸郭、骨盤の角度変化 (表 3-a,b, 図 4~9)

胸郭側屈・回旋角度変化については、一元配置分散分析を行った結果、頸部角度変化による有意差が認められた ($p<0.05$)。また群間比較を行うため、ボンフェローニの多重比較を行なったが、胸郭回旋角度変化においては統計的な有意な差は認められなかった。しかし、胸郭側屈角度変化は右回旋位 15° と右回旋位 45° 、右回旋位 45° と左回旋位 30° において有意差が認められた ($p<0.05$)。また、胸郭左右側屈・回旋以外の角度変化においては、一元配置分散分析において有

意差が認められなかった。

3. COM パラメーター (図 10~14)

COM の移動距離については、一元配置分散分析を行った結果、頸部角度変化に伴う有意差が認められた ($p<0.05$)。また群間比較を行うため、ボンフェローニの多重比較を行ったが、統計的な有意な差は認められなかった。

COM 前後径は一元配置分散分析を行った結果、有意差が見られなかった。しかしながら、COM 左右径においては、頸部角度変化により有意差が認められた ($p<0.05$)。その後、ボンフェローニの多重比較を行ったが、統計的な有意な差は認められなかった。

また、COM 移動距離、COM 前後径、COM 左右径の平均値について、それぞれ相関分析を行った。COM 移動距離と COM 前後径においては、有意な相関関係は認められなかった ($r=0.7038$, $p>0.05$)。COM 移動距離と COM 左右径においては、有意な負の相関関係が認められた ($r=-0.808$, $p<0.05$)。

表2-a STSの動作時間，出現割合

各頸部肢位	動作時間(秒)	1相終了(%)	2相終了(右)(%)	2相終了(左)(%)
正中位	1.94±0.30	46.8±4.6	56.5±6.7	56.6±6.5
右回旋位15°	2.00±0.33	45.8±4.8	54.8±6.3	55.1±5.7
右回旋位30°	2.00±0.30	46.1±5.4	54.9±7.4	55.3±6.8
右回旋位45°	2.02±0.30	46.8±1.0	55.4±8.5	55.5±7.9
左回旋位15°	1.97±0.33	46.3±4.5	55.4±6.0	56.0±5.9
左回旋位30°	1.98±0.30	56.1±6.3	55.2±7.0	56.1±6.3
左回旋位45°	2.02±0.34	46.7±5.6	56.0±8.2	56.4±8.2
平均値	1.99±0.02	47.8±3.68	55.5±0.61	55.9±0.57

(平均値±標準偏差)

2相終了(右);右足関節最大背屈が出現する割合

2相終了(左);左足関節最大背屈が出現する割合

1 元配置分散分析の検定の結果，すべてデータにおいて有意な差が認められなかった。

表2-b 関節角度

各頸部肢位	胸郭最大前傾(°)	右足関節最大背屈(°)	左足関節最大背屈(°)
正中位	48.59±7.60	18.21±4.28	18.19±5.80
右回旋位15°	48.95±7.15	17.83±4.35	18.02±5.84
右回旋位30°	48.05±7.27	18.10±3.99	18.33±5.32
右回旋位45°	48.90±6.56	17.94±3.83	18.04±5.57
左回旋位15°	49.12±7.42	17.99±3.64	17.78±5.50
左回旋位30°	48.30±6.94	18.00±3.80	18.11±5.56
左回旋位45°	48.98±7.91	18.05±3.80	17.77±5.57
平均値	48.69±0.40	18.02±0.12	18.00±0.21

(平均値±標準偏差)

1 元配置分散分析の検定の結果，すべてデータにおいて有意な差が認められなかった。

表3-a 胸郭の角度変化

各頸部肢位	胸部前後屈 (°)	胸部側屈 (°)	胸部回旋 (°)
正中位	22.30±13.71	-0.15±1.45	-0.43±1.77
右回旋位15°	21.97±3.88	-0.18±1.64	-0.11±2.15
右回旋位30°	21.92±4.05	0.10±1.66	0.44±2.80
右回旋位45°	26.30±19.99	0.68±1.59	2.33±6.25
左回旋位15°	23.03±3.54	-0.32±1.83	-0.78±2.20
左回旋位30°	22.27±3.44	-0.55±1.87	-0.98±2.57
左回旋位45°	22.34±3.77	-0.51±2.09	-1.63±2.69

(平均値±標準偏差) - (マイナス) ; 左方向, + (プラス) ; 右方向

表3-b 骨盤の角度変化

各頸部肢位	骨盤前後傾 (°)	骨盤側方傾斜 (°)	骨盤回旋 (°)
正中位	8.23±6.47	0.13±1.55	-1.20±1.89
右回旋位15°	8.45±6.54	0.15±1.56	-0.87±2.14
右回旋位30°	8.14±6.21	0.30±1.63	-0.70±2.09
右回旋位45°	8.82±6.47	0.58±2.57	-0.18±2.58
左回旋位15°	8.44±6.63	0.00±1.65	-1.27±1.76
左回旋位30°	8.24±6.18	-0.04±1.55	-1.35±2.71
左回旋位45°	8.17±6.47	-0.02±1.59	-1.44±2.31

(平均値±標準偏差) - (マイナス) ; 左方向, + (プラス) ; 右方向

一元配置分散分析の検定の結果, 胸郭側屈・回旋角度変化においては有意差を認めたが, それ以外では認めなかった. 胸郭側屈・回旋角度変化の多

重比較検定の結果, 右回旋 15°と右回旋 45°, 右回旋 45°左回旋 30°に有意差が認められた.

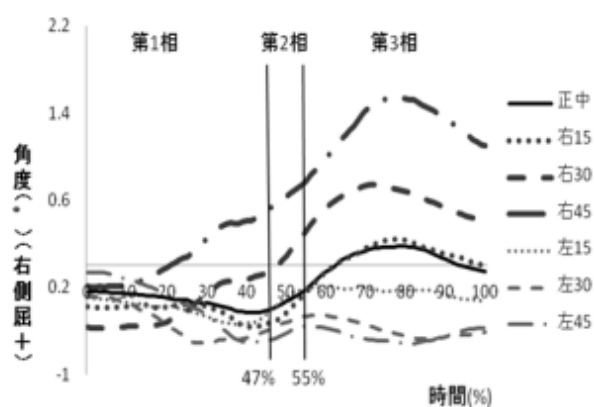


図4 胸郭側屈角度変化

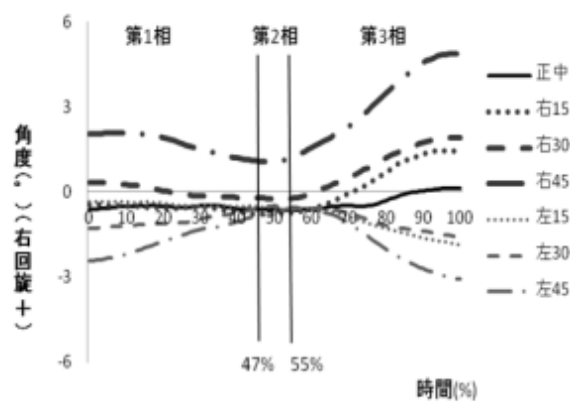


図5 胸郭回旋角度変化

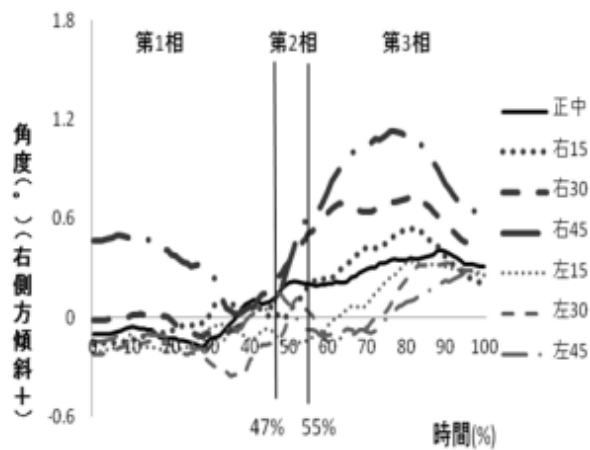


圖6 骨盤側方傾斜角度变化

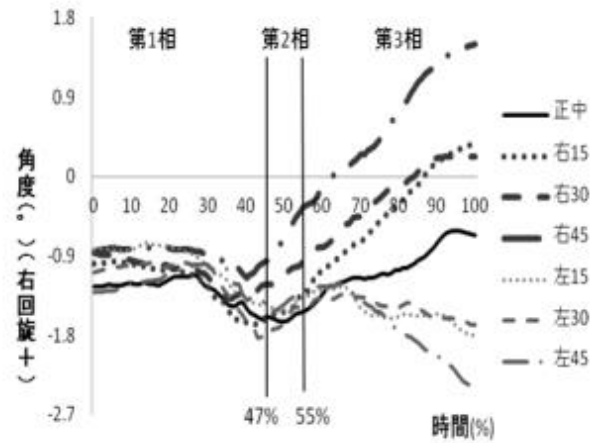


圖7 骨盤回旋角度变化

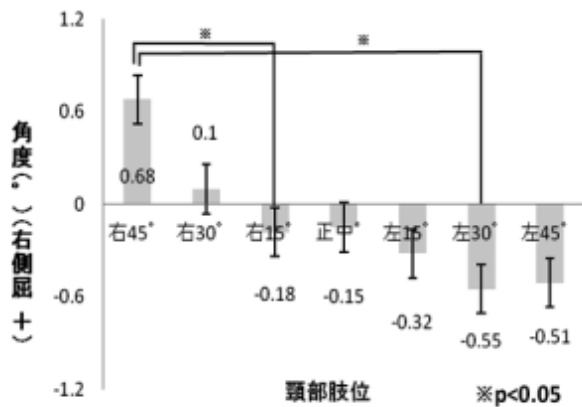


圖8 胸郭側屈角度变化(平均值)

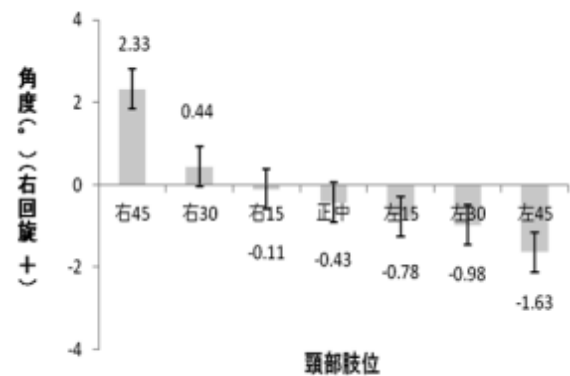


圖9 胸郭回旋角度变化(平均值)

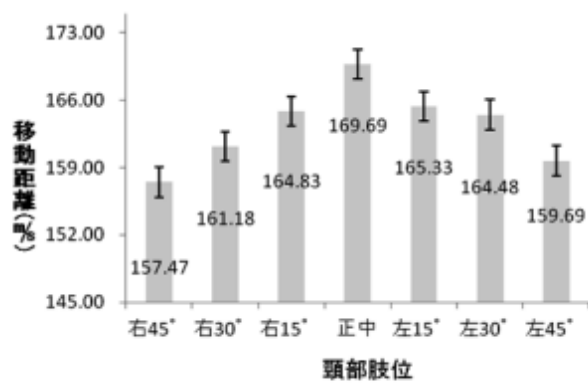


圖10 COM移動距離

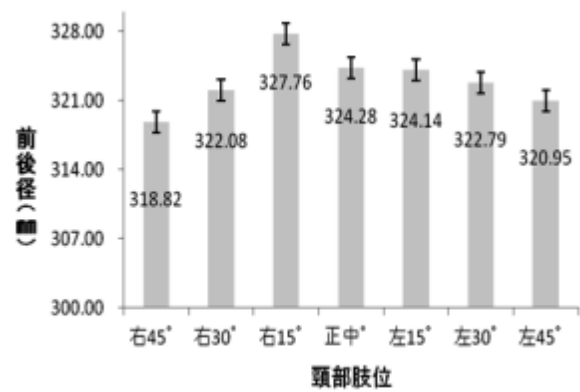


圖11 COM前後徑

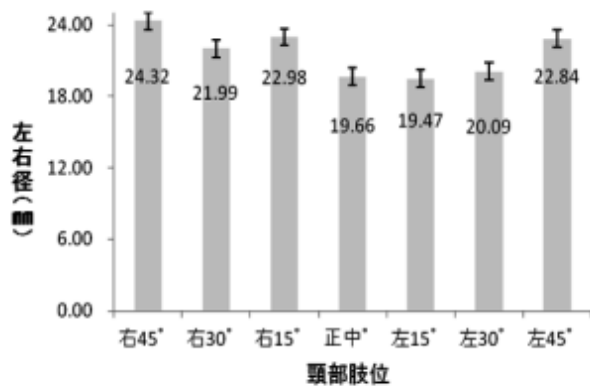


図12 COM左右径

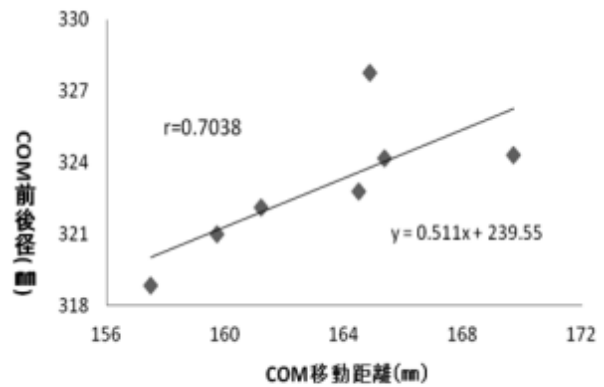


図13 COM移動距離とCOM前後径の相関

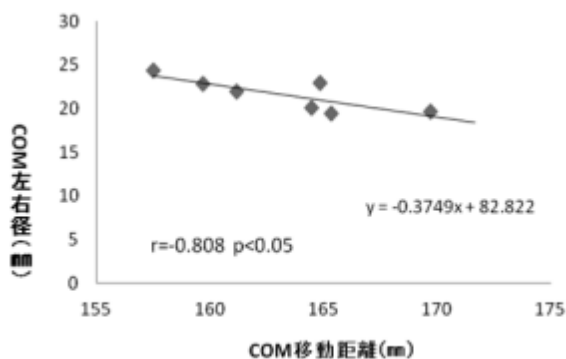


図14 COM移動距離とCOM左右径の相関

考察

1. 全体の動作時間

今回は、被験者は全員男性であり、身長においてもバラつきはほぼない状態の中で、正中位・左右回旋位のSTSの動作時間に有意な差はなく、すべてのSTSが約2sec前後(平均 1.99 ± 0.02 sec)の結果であった。つまり、頸部回旋角度の変化が、STS動作時間の長短に影響はないと考えられる。また、至適速度でのSTSの先行研究において、Nizukら(1986)は平均 1.8 ± 0.3 sec(範囲 1.3~2.5), 臼田ら(1994)は平均 2.15 ± 0.38 sec, 福士(7)は 1.73 ± 0.30 secなどと比較すると、大きな差は認められなかった。さらに、第1相終了時、第2相左右終了時の出現時間の割合においては、正中位・左右回旋位のSTSで有意差が認められなかった。今回の平均値は、1相終了時(胸郭最大前傾)は 47.8

± 3.7 , 2相終了時(右・左関節最大背屈)は 55.5 ± 0.6 , 55.9 ± 0.6 であった。これは、阿南ら(2010)の結果(第1相終了: 46.3 ± 6.3 , 第2相終了: 53.7 ± 6.9)と比較すると差が見られなかった。これらのことから、今回は被験者に任意、つまり至適速度で立ち上がってもらったが、先行研究と比較すると、立ち上がり動作の動作時間は、至適速度としては妥当であると考えられる。また、頸部の回旋角度を一定にするために被験者に使用した頸椎装具の影響も最小限の影響であったと推測できる。

2. 胸郭、骨盤角度変化への影響

本研究では、日常生活活動動作において見られる「隣人と会話しながら」や「横を向きながら」等を想定した頸部回旋位のSTSと、頸部正中位の

STS の相違点を、最も影響が出ると考えた胸郭、骨盤角度について運動学的な観点から検討した。

(1) 第 1 相 (0~47%)

頸椎回旋をしながら STS を実施することでの身体への影響については、Neumann ら(2008)によると、頸椎椎間関節の関節面の向きが主な原因で生ずる体軸回旋はわずかな同側側屈と関連して起こる (coupling motion) とされている。これは、図 4・5 からわかるように、胸椎にも頸椎回旋の波及が起こり、右回旋位 STS の胸郭は右側屈し、左回旋位 STS の胸郭は左側屈しているところからも伺える。加えて、回旋側に側屈が起こると、迷路・眼から立ち直り反応が起こり骨盤側方傾斜を起こし、頭部を左右水平に保つ反応が起こる。つまり、頸椎右回旋は骨盤右側方傾斜が引き起こされ、頸椎左回旋は骨盤左側方傾斜が起こる。しかしながら、今回の結果より、頸部左右回旋位 STS の動作開始 p47 時には、胸郭側屈、骨盤側方傾斜はほぼ左側屈・側方傾斜が起こっていた (図 4, 6)。奈良ら(1991)によると、頸部回旋を保持することは立位姿勢調節に影響を及ぼし立位重心動揺が増大するとされている。この研究は静的バランスであるため、座位姿勢保持においても頸部回旋による重心動揺は大きくなると考えられる。また、重心動揺が大きくなることにより、座位バランスが不安定となり、STS のような動的な動作に移行することが難しくなる。実際に、左右回旋位 STS を実施するにあたり、被験者は健常者であるにもかかわらず、立ち上がる際にバランスを崩すことが何度か見られた。これは、左右回旋位 STS (特に、COM が臀部の BOS から外れる際) は、正中位 STS より、COM が臀部の BOS 内の側方の辺縁に近くなっているため、COM が BOS から外れやすくなっている状態であり、バランスの不安定性を引き起こす可能性があるかもしれないことが示唆される。

ここで、なぜ動作開始時に、胸郭左側屈、骨盤

左側方傾斜が起こっているのかを考えなければならない。胸郭左側屈、骨盤左側方傾斜が起こると、COM は左方向へ偏位する。偏位した COM から左股関節までのレバーアームは短く、右股関節のレバーアームは長くなり、動作開始後には左下肢は右下肢より大きく筋力を発揮しなければならない。木村ら(1974)、平沢(1980)によれば、ヒトの下肢には一側優位性があり、特に左足は「片足でジャンプする側の足」といった力的役割を果たす支持脚とされており、左下肢は右下肢よりその保持能力に優位な差が認められ、一卵性双生児においては左足立ちの保持の仕方が遺伝によるものと報告されている。今回の被験者は、半数以上が右下肢の支持脚であるが、野球・バスケットボール、柔道などのスポーツ経験者であり、右下肢の支持脚は後天的になったと考えられ、先天的には左下肢が支持脚である可能性はあると推測できる。このことから、動作開始時の胸郭左側屈・骨盤左側方傾斜は、左下肢の支持力を十分に発揮させて、スムーズに座位姿勢から立位姿勢へ移行するための準備段階であると言える。

また、右回旋位 45° STS の骨盤側方傾斜は、唯一すべての骨盤側方傾斜の中で右側方傾斜から動作が起こっている。上田ら(2012)によると、上位胸椎を側屈位にすると、下位頸椎が同側に側屈位となり、下位頸椎の回旋に影響を及ぼすと報告している。さらに、このことから、右 (左) 肩峰が下制している場合、下位頸椎や上位胸椎は右 (左) 側屈に方向に誘導されやすく、右 (左) 回旋の複合運動が出現しやすいとされている。本研究においては、座位姿勢において右肩峰が下制している被験者が多い印象があったが、今回計測項目として抽出していなかった。しかし、肩峰の下制による影響は、右回旋位 45° STS の胸郭側屈が、右回旋位 15°、左回旋位 30° STS と有意な差が見られている (図 8) こと、胸郭角度変化の平均値が右回旋位 30°、45° のみ平均的に右側

屈位であることから推測できる。図 4・6 を見る限り座位姿勢より立位姿勢の方が影響が出やすいと考えられる。さらに、右肩峰の下制は、上位胸椎が右側屈位となるため、下位頸椎と上位胸椎が右側屈および右回旋の複合運動に誘導されやすく、左回旋の運動が身体に波及しにくい状況になる。左回旋が波及しにくいことに関しては、図 4~7 からわかるように右回旋・側屈に比べて、左回旋・側屈は小さい角度変化となっていることから伺える。また、内田ら(2012)によると頸部の回旋角度が $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ において、視覚入力による自覚的視性垂直定位 (Subjective Visual Vertical : 以下, SVV ; 視覚入力により中枢で統合される垂直軸) が有意に頸部回旋方向に偏位したと報告している。加えて、國弘らによると, SVV が偏位した際は、視覚の優位性が高まるとされている。これらのことより、頸部 30° 以上の回旋位では、ヒトの空間認識に必要な感覚である前庭覚と視覚入力の解離が生じ、視覚の優位性が高まった姿勢制御をしていることになる。つまり、右回旋位 45° STS は、視覚が優位になり、眼からの立ち直り反応が体幹に生じ、胸郭左側屈、骨盤右側方傾斜になったと考えられる。SVV の影響に関しては、右回旋位 30° STS も、他の頸部回旋位 STS より骨盤側方傾斜が 0° に近い状態であり、影響している可能性が高いと推測できる。上述した 2 つの要因、右肩峰下制による影響、SVV の影響が相互に働き、腰椎、骨盤まで波及したために、右回旋位 45° STS において骨盤が右側方傾斜から動作が開始したのではないかと推測できる。

さらに、動作開始後には、動作開始時よりも胸郭、骨盤を左側屈・回旋方向に動かしている。この時の COM は、臀部から足部の BOS へ移動させる時 (COM が臀部の BOS から外れている時) であり、身体は動作開始時より不安定な状態となっている。これは、上述したように、身体を安定させるために支持脚としての左下肢を十分に発

揮させるためであり、これが第 1 相においての安定機構であると示唆される。ただし、骨盤側方傾斜・回旋は有意差が認められなかったことから、正中位、右回旋位、左回旋位のいずれの STS においても同様の動きをしているということになる。つまり、このことは正中位 STS においても COM が臀部の BOS から外れて足部へ移行する際に、安定機構として股関節伸筋と膝関節伸筋の協調性を働かせる上で、より左下肢の支持力が必要になるのではないかと推測できる。

(2) 第 2 相(48~55%)

胸郭側屈・回旋、骨盤側方傾斜・回旋の図 4~7 を見ると、第 1 相において左下肢で支持するために体幹を左方向へ偏位させたものが、第 2 相においては正中位あるいは右方向に向かって偏位している傾向がある。第 2 相である COM 移行相 (COM の前方および上方移動相) においては、STS 動作は立位姿勢へ移行していかなければならない。この時、COM が低い位置から高い位置へと移動するため、身体的に不安定な状態と言える。前述したように、Cook ら(2004)によると、運動遂行中の安定性保持の能力を高めるためには、可能な限り左右対称的に下肢に力を出すことを促通することが必要であると報告している。そのため、バランスを良好に保ちながら立位姿勢へ移行するためには、左下肢の支持力だけではなく、両下肢の支持力を左右均等に出すことが必要であり、これが第 2 相の安定機構であると示唆される。

(3) 第 3 相 (56~100%)

胸郭側屈・回旋、骨盤回旋においては、正中位 STS に比べて、右回旋位 STS ならば右回旋・側屈、左回旋位 STS ならば左回旋・側屈になっている。これは、coupling motion になる影響であると推測できる。しかしながら、左回旋位 STS の骨盤の側方傾斜においては、右側方傾斜になっている。これに関しては、立位のバランスを安定させ

るために、迷路・眼から立ち直り反応が起こり、骨盤が右側方傾斜になっていると考えられる。この考え方からは、右回旋位 STS においても、迷路・眼からの立ち直り反応が出て骨盤左側方傾斜が起こるはずであるが、上述したように、被験者の右肩峰の下制による影響が働き、腰椎、骨盤へと波及したため、左側方傾斜が出にくくなり右側方傾斜になっていると思われる。

3. COM パラメーターについて

COM のパラメーターを解析することにより、頸部回旋位の STS がどのような戦略で動作をおこなっているかを検討とした。

今回の結果より、正中位 STS、頸部左右回旋位 STS の間には、COM 移動距離に有意な差があり、COM 左右径と負の相関関係があることがわかった。これは、COM の移動距離が長くなればなるほど、COM 左右径が短くなるということである。また、有意な相関関係は得られなかったが、移動距離が長くなればなるほど、COM の前後径も長くなるという傾向が見られた。

まず、頸部左右回旋位 STS は、左右への移動が大きく、前後への移動が短い傾向であり、移動距離は正中位 STS に比べて短くなった。動作時間においては、有意な差ではないが正中位 STS より頸部回旋位 STS において長い傾向であった(表 2-a)。前述したように、頸部を左右に回旋することは、座位姿勢時の COM を左方向へ偏位させるため、バランスの不安定性を引き起こすと推測できた。不安定な座位姿勢から立位姿勢へスムーズに移行するには、安定機構としての先天的な支持脚である左下肢を十分に発揮させるために COM が側方へ大きく偏位すると考えられる。さらに、頸部角度が大きくなればなるほど動作時間が長い傾向になるのは、頸部回旋により視覚や感覚入力からの情報が少なくなるため、バランスを安定させるために、feedback control 機構が働きながら

STS が制御されていることも予測できる。これらのことから、左右回旋位 STS は力制御戦略の傾向があると推測できる。力制御戦略は、Schenkman ら(1990)、Cook ら(2005)によると、身体を持ち上げを達成するために大きな筋力を必要とするため、身体を持ち上げ直前に足部支持基底面の適当な位置に COM を導くために体幹の十分な屈曲が必要となり、動作中に身体が中断しつつ新たな姿勢へととなっていく戦略であるとされている。これは、胸郭・骨盤の角度変化から、頸部左右回旋位 STS は身体を左右へ側屈・回旋させて運動を左右変換しながら動作を遂行していることから伺える。

次に、正中位 STS は、左右への移動が小さく、前後への移動が大きい傾向となり、移動距離が長くなったと言える。また、動作時間において有意差は出なかったが、最も短い時間で動作を遂行している(表 2-a)。今回は、体幹の速度を算出してはいなかったが、正中位 STS は、頸部回旋に比べて視覚や感覚入力からの情報が多いこともあり、体幹の前屈方向への加速により COM を臀部から足部へ移行し、身体を止めることなくスムーズに立位姿勢になったため、移動距離が長くなり、動作時間が短くなったと考えられる。これらのことから、正中位 STS は運動量戦略であると思われる。Schenkman ら(1990)、Cook ら(2005)によると、運動量戦略とは、上半身の動きから生成された運動量が下肢へ移送され、身体停止をさせずに新たな姿勢へと滑らかに動くため、必要とされる筋活動量が最少になり、最も効率的な戦略であるとされている。正中位 STS が最も効率的な戦略である理由としては、胸郭・骨盤の関節角度変化が、頸部左右回旋位 STS に比べて、変化が少ないことから裏付けできる。また、力制御戦略が feedback control 機構を働かせているならば、運動量戦略は feedback control 機構が働いていないとは言えないが、feedforward control 機構が主に働いてい

るのではないかと考える。

おわりに

本研究は、三次元動作解析装置を用いて椅子からの立ち上がり動作において頸部の回旋が身体に及ぼす影響について分析した。その結果を用いて、より日常生活場面に即した円滑な動作を獲得する必要があるかどうか、また理学療法アプローチの一助にするために考察した。結果、頸部回旋位の STS は、不安定な座位姿勢から立位姿勢へスムーズに移行するために、COM を左方向へ偏位させ、安定機構としての先天的な支持脚である左下肢を十分に発揮させることが必要であると示唆された。また、動作戦略としては、力制御戦略となり、動作自体が左右へ側屈・回旋を起し運動の変換を行いながら座位姿勢から立位姿勢へ移行している。これらの得られた結果より、立ち上がり動作の能力向上のために、左右対称の練習だけではなく、非対称の練習を取り入れ、バランス能力を高めることは必要である。ただし、今回の運動学的分析だけでは、まだまだ解析としては不十分であるため、今後は「筋電図学的分析」、「運動力学的分析」を行い、さらに頸部を回旋した状態の立ち上がり動作の研究が必要であると思われる。

謝辞

本研究の遂行にあたりご指導およびご助言いただきました、桑名病院 整形外科医の佐藤舜也先生に深く感謝いたします。さらに、本研究の実験にご協力下さった新潟リハビリテーション大学の学生各位に厚く御礼申し上げます。

引用文献

Anne Shumway-Cook & Marjorie H. Woollacott
著：田中繁，高橋明 監訳：モーターコントロール，第3版，300-332，医歯薬出版，東京，2004。

阿南雅也・他：変形性膝関節症における椅子からの立ち上がり動作の運動学的分析。理学療法科学，25，755-760，2010。

上田泰久・他：姿勢の非対称性が頸椎の回旋に及ぼす影響。理学療法科学，27，37-40，2012。

臼田滋・他：立ち上がり動作における運動学的分析－椅子の高さによる影響－。運動生理，9，187-192，1994。

内田全城・他：視線行動に伴う立位頸部回旋位が自覚的垂直位定位に与える影響。理学療法科学，27，351-354，2012。

木村邦彦・他：ヒトの四肢の一側優位性について。人類誌，82，189-207，1974。

國弘幸伸・他：視運動刺激時の重心動揺－回旋性視運動刺激と Vection と姿勢変化－。Equilibrium Res，63，267-278，2004。

土屋弘吉・他：日常生活活動（動作）－評価と訓練の実際－。197，医歯薬出版株式会社，東京，2007。

Sharon Nuzik・et al：Sit-to-Stand Movement Pattern A Kinematic Study. Phys Ther，66，1708~1713。1986。

Schenkman M・et al：Whole-body movement during to standing from sitting，physical Therapy，70，638-651，1990

Tashiro K・et al：Changes in the center of pressure of the foot sole during standing-up

movement. J Exerc Physiol, 6, 75-77, 1991.

Donald A. Neumann 著：嶋田智明，平田総一郎
監訳：筋骨格系のキネシオロジー．329-370．医
歯薬出版株式会社，東京，2008 年．

奈良勲・他：頸部・体幹の運動が立位姿勢に及ぼ
す影響．理学療法学，18，345，1991．

Hauer K・et al：Motor performance deteriorates
with simultaneously performed cognitive tasks
in geriatric patients. Arch Phys Med Rehabil,
83, 217-223, 2002.

平沢繭一郎：Stasiology からみた左足と右足．神
経進歩，24，167-177，1980．

福士宏紀：立ち上がり動作における体幹運動の運
動学的分析．東北理学療法学，18，49-53，2006．

大西秀明・他：起立動作の筋電図学的評価．理学
療法，22，546-552，2005．

Bear GD・et al：Trunk movements in older
subjects during sit-to-stand. Arch Phys Med
Rehabil, 76, 844-849, 1995.

米田稔彦・他：立ち上がり動作の床反力による分
析．運動生理，3，101-108，1988．

Rodosky MW・et al：The influence of chair
height on lower limb mechanics during rising.
J Orthop Res, 7, 266-271, 1989

Influence of neck rotation on sit-to-stand motion ~ Kinematical analysis~

Yousuke OGAWA^{1)*}, Yoshihita MATUBAYASHI²⁾, Iwao ASAMI³⁾

1) Koganei rehabilitation Hospital

2) Physical Therapy Course, Department of Rehabilitation, Faculty of Allied Health Sciences, Niigata University of Rehabilitation

3) Department of Brain Function Disorder, Graduate School of Rehabilitation, Niigata University of Rehabilitation

[Received & Accepted: 20 December, 2013]

Key Words : neck rotation, sit-to-stand motion, the center of mass

Abstract The sit-to-stand motion (STS) is usually not asymmetrical, but asymmetrical STS is likely in daily life situations. This study used kinematical analysis to investigate differences between asymmetrical STS with bilaterally rotated positions of the neck and symmetrical STS with the neck at the midline. After excluding those with injuries or disease with a risk of falling, the subjects comprised 20 adult males. The starting position of the limbs was upright sitting with the flexion angles of the hip and knee joints at 90 degrees and the ankle joint at 0 degrees. Movements were carried out at a speed chosen by the subjects and the final positions were determined at a comfortable standing posture. The tasks consisted of STS with the neck at a midline position and STS with neck rotation to the right or left at 15, 30, and 45 degrees. We used a motion analyzer system to measure the time of movements, changes in the angles of the pelvis and thorax. The center of mass (COM) was explored simultaneously and the distance of movement, anteroposterior diameter, and transverse diameter were measured. As a result, there were significant differences in the lateral flexion and changes in rotation angles of the thorax and the distance and transverse diameter of the movement of the COM. Differences between STS with the neck at the midline and STS with neck rotation to the right and left were not related to changes in the angle of the neck, but to the movement used to place the weight on the left lower limb. These results suggest that further unequal lateral shift of the COM occurred in hemiplegic patients that distributed body weight unequally to the right and left during STS, which would presumably reduce stability in balance and cause a fall. In the exercise of standing up in the clinical situation, these results may be helpful in a physical therapy approach aimed at acquiring smooth movements that would be more practical in daily situations and fall prevention.



*Corresponding author:

Koganei rehabilitation Hospital

3-2 1-chome,maehara-cho,koganei-chi,Tokyou-to 184-0013

Tel : 042-316-3561

Fax : 042-316-3562

E-mail : xw15xym92blvv3n49bb@gmail.co.jp